

## ИССЛЕДОВАНИЕ ЭЛЕМЕНТНОГО СОСТАВА СПЛАВА МОНЕТ ИЗ РАСКОПОК МАНГУПСКОГО ГОРОДИЩА МЕТОДОМ РЕНТГЕНОФЛУОРЕСЦЕНТНОГО АНАЛИЗА

Антипенко А.В.<sup>2</sup>, Наухацкий И.А.<sup>1</sup>, Максимова Е.М.<sup>1</sup>, Смекалова Т.Н.<sup>2</sup>, Науменко В.Е.<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Крымский федеральный университет им. В.И. Вернадского, Физико-технический институт,  
г. Симферополь, [maksimovaem@cfuv.ru](mailto:maksimovaem@cfuv.ru)

<sup>2</sup>Крымский федеральный университет им. В.И. Вернадского, Научно-исследовательский центр истории  
и археологии Крыма, г. Симферополь

<sup>3</sup>Крымский федеральный университет им. В.И. Вернадского, Таврическая академия, г. Симферополь

В работе было проведено исследование 60-ти монет из раскопок Мангупского городища (Крым) 2018 года. Основной целью исследования являлось прецизионное определение состава сплавов монет методом рентгенофлуоресцентного анализа на настольном волнодисперсионном рентгеновском флуоресцентном спектрометре последовательного действия Supermini 200 (Rigaku, Япония). Прибор Supermini 200 позволяет с большой точностью определить содержание тяжелых элементов (Fe, Co, Ni, Cu, Zn, Ag, Au и др.) в составе сплавов исследуемых монет, а также обеспечивает высокую чувствительность к легким элементам (F, Na, Mg, Ca, Si, Al, P и др.) и высокое спектральное разрешение для разделения перекрывающихся пиков. Съемка образцов происходит в вакууме и носит неразрушающий характер.

В соответствии с уже имеющимся опытом [Черных, 2009; Smekalova, 2018] была разработана методика исследования монет на РФА спектрометре Supermini 200.

Основным фактором, определяющим качество проводимых исследований в данной работе, было наличие патины на поверхности исследуемых монет. Поэтому, для увеличения точности результатов измерений, с одной стороны, было произведено предварительное очищение монет от патины и сопутствующих загрязнений, а, с другой стороны, отдельно, были проведены исследования элементного состава счищенной с образцов пыли.

Соскоб патины и налёта производился только с тех образцов, материнский материал которых был способен выдержать механические напряжения, присущие этой процедуре. Для этого вся коллекция была разделена на группы по типичному набору элементов - матрице элементного состава, которые, в свою очередь, разделялись на подгруппы по сохранности. Процедуры соскоба с наиболее сохранившихся экземпляров и определение состава этих компонент позволило либо вычленив отдельные химические элементы в протоколе состава каждой конкретной группы, либо их учесть, производя его корректировку.

Запыленность и загрязнённость отдельных экземпляров, их различие по размерам и массе, привели к необходимости изготовления дополнительной оснастки для надежной фиксации проб в спектрометре, что предотвращало искажение геометрии съемки при анализе и обеспечивало необходимую точность результатов измерения. Также были приняты дополнительные меры для защиты спектрометра от попадания инородных частиц, что позволяло сохранить герметичность вакуумной системы измерительного тракта прибора.

Высокомощная (200 Вт) рентгеновская трубка настольной волнодисперсионной рентгеновской флуоресцентной системы позволяет снизить пределы обнаружения (чувствительность – до  $10^{-3}$  %) и сократить время измерения, чему также способствует наличие автосменщика на 12 образцов. Программное обеспечение позволило определить состав анализируемых проб путем сопоставления с имеющейся с имеющимися эталонными спектрами.



Рис. 1. Монета Римской Империи. Констанций I Хлор как Цезарь (293–305 гг. н. э.). Монетный двор Антиохия.

Монета выпущена в 300-301 гг. н. э. Фоллис:

- 1) Лицевая сторона. Бюст императора вправо. Вокруг надпись: «FL VAL CONSTANTIVS NOB CAES»;
- 2) Обратная сторона. Гений стоит влево, в руках держит рог изобилия и патеру. Вокруг надпись: «GENIO POPVLI ROMANI». Под ногами Гения – обозначение монетного двора – «ANT». Справа и слева – буквы K / V-Δ

Таблица 1. Элементный состав монеты императора Констанция I Хлора как Цезаря (Римская империя, 300–301 г.г. н.э.)

Элемент	Cu	Ag	Pb	Fe	Sc	Ti	In	As	Cr	Mn
масс. %	71.854	9.872	8.136	5.426	3.128	0.733	0.440	0.306	0.056	0.050

В соответствии с разработанной методикой были исследованы следующие монеты: Римской империи (рис. 1), Византийской империи, Золотой Орды, Генуэзско-татарские аспры, Молдавского княжества, а также монеты без точной атрибуции. Результаты определения состава изучаемых монет представлены в виде спектров и в виде таблиц (см. табл. 1).

Проделанные анализы позволяют проследить процесс неуклонного уменьшения количества серебра (Ag) в монетах Римской империи, начиная со второй половины III в. н. э. Наиболее ярко эта тенденция проявилась в составе сплава пореформенных фоллисов Диоклетиана (после 296 г.), в которых количество серебра не превышает 5%. «Серебряный» вид монете придавали методом аффинажа, в результате которого на поверхности монетного кружка едкими солями и кислотами растворяли медь, а получившийся пористый слой серебра уплотнялся под ударами верхнего и нижнего штемпелей [Абрамзон, Сапрыкина, 2019]. Более показательно этот процесс демонстрирует фоллис Констанция I Хлора (293–306 гг.) (табл. 1, рис. 1) с содержанием серебра до 10 %, свинца до 8 % и олова до 3 % (мышьяк (As), марганец (Mn) и титан (Ti) присутствуют в концентрациях менее одного процента). Возможно, более высокое, по сравнению с другими послереформенными фоллисами содержание серебра объясняется тем, что монета практически не была в употреблении и, соответственно, поверхностный слой серебра не был стерт в процессе обращения.

В сплаве генуэзско-татарских монет – аспров - вариативность основных компонентов (Ag+Cu) ми-

нимальна, в пределах 4.5 %. К числу естественных микропримесей, вероятно, перешедших в сплав из руды, относятся золото (Au до 0.6 %), свинец (Pb до 0.7 %) и титан (Ti до 0.4 %). Во всех монетных сплавах присутствует железо (Fe до 1 %).

Ряд золотоордынских монет также изготовлен из сплава серебра и меди, с тем же набором микропримесей. В низкопробных серебряных монетах Крымского ханства меди содержится иногда более половины состава.

*Исследования проводились в рамках гранта РФФИ № 18-18-00193 по теме «Начальный период истории денег: переход от полновесной монеты к знаку условной стоимости».*

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Абрамзон М.Г., Сапрыкина И.А. «Серебряные» статеры Фофорса 286/287 г. н. э. – попытка монетной реформы? // Нумизматический сборник ГИМ. Том XXI. 2019 – в печати.
2. Черных Е.Н., Луньков В.Ю. Методика рентгенофлуоресцентного анализа меди и бронз в лаборатории Института археологии // Аналитические исследования. 2009. С. 78–83.
3. Smekalova T.N. Evolution of composition of monetary alloys of ancient Greek states on the Black Sea shores, basing on the data of x-ray-fluorescent spectroscopy with the example of Bosporos Cimmerian // Crystallography Reports. 2018. V. 63. № 6. P. 1043–1050.